

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Л. Монастирський, В. Гура

*Факультет електроніки та комп'ютерних технологій,
Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Драгоманова, 50, 79005 Львів, Україна
volodymyr.gura@lnu.edu.ua*

Розроблено систему інтеграції Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics для аналізу якості повітря та моніторингу даних про якість повітря на території України. Актуальність теми обумовлена загостренням екологічних проблем, зокрема забрудненням атмосферного повітря, яке становить серйозну загрозу для здоров'я населення та екологічної стійкості. Проблема забруднення повітря є актуальною не лише для України, але й для всього світу. Захист довкілля та забезпечення безпеки громадян стають основними пріоритетами в сучасному світі. Розвивається промисловість, транспорт та інші джерела забруднення, що підвищує рівень шкідливих викидів та тиск на навколишнє середовище. Саме тому, моніторинг та аналіз якості повітря стають надзвичайно важливими для контролю над екологічним станом країни. В умовах високого обсягу даних про якість повітря, використання хмарних технологій набуває особливої значущості. Для збору та збереження цієї великої кількості інформації, на території України була розроблена інформаційно-аналітична система, яка забезпечує збереження, обробку та аналіз даних про якість повітря з використанням Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics. Одним з ключових джерел даних про якість повітря на території України є сайт SaveEcoBot, який популяризує ініціативу зі збереження довкілля та надає доступ до інформації про якість повітря у режимі реального часу. Завдяки інформаційно-аналітичній системі, дані з SaveEcoBot легко інтегруються з Azure Data Lake Storage, де забезпечується їх безпечне збереження та масштабована обробка. Представлено процес інтеграції хмарних технологій Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics для забезпечення ефективного моніторингу та аналізу даних про якість повітря. Використання Synapse Analytics дозволяє проводити комплексний аналіз даних та виявляти залежності між різними факторами забруднення, що є критичним для прийняття стратегічних рішень. Дослідження підкреслює важливість використання хмарних технологій у моніторингу даних про якість повітря для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки. Застосування інформаційно-аналітичної системи та хмарних технологій дозволяє ефективно використовувати накопичені дані для прийняття рішень щодо зменшення забруднення повітря та підтримки здоров'я населення.

Ключові слова: хмарні технології, моніторинг якості повітря, Azure Data Lake Storage, Synapse Analytics, забруднення повітря, екологічна безпека, SaveEcoBot, інформаційно-аналітична система, управління даними, аналіз даних, екологічні проблеми.

1. Вступ

Застосування хмарних технологій у сфері моніторингу якості повітря набуває особливої актуальності в сучасному світі, де екологічні проблеми та забруднення

довкілля стають все більшими загрозами для здоров'я населення та екосистем. Постійний ріст промисловості, широке використання транспортних засобів і збільшення кількості антропогенних джерел забруднення викликають необхідність ефективного моніторингу та аналізу якості повітря.

Проблема забруднення повітря відіграє ключову роль у впровадженні стратегій сталого розвитку та забезпеченні екологічної безпеки нашої планети. Збільшення обсягу даних про якість повітря з датчиків та метеорологічних станцій ставить перед науковцями та екологічними організаціями складні завдання щодо збереження, обробки та аналізу цих великих обсягів інформації. Моніторинг якості повітря набуває стратегічного значення для прийняття рішень владами та організаціями з метою запобігання екологічним катастрофам та захисту здоров'я населення. Якісна та точна інформація про забруднення повітря дозволяє приймати ефективні заходи щодо зменшення викидів шкідливих речовин, контролювати вплив промислових підприємств та транспортних мереж на довкілля та покращувати якість повітря.

На території України, яка стикається зі своїми екологічними викликами, ведеться активна робота щодо моніторингу якості повітря. Для збору даних про забруднення повітря в Україні використовується сайт SaveEcoBot [9], який популяризує ініціативу зі збереження довкілля та надає доступ до інформації про якість повітря у режимі реального часу. Моніторинг якості повітря набуває стратегічного значення для прийняття рішень владами та організаціями з метою запобігання екологічним катастрофам та захисту здоров'я населення. Якісна та точна інформація про забруднення повітря дозволяє приймати ефективні заходи щодо зменшення викидів шкідливих речовин, контролювати вплив промислових підприємств та транспортних мереж на довкілля та покращувати якість повітря.

У зв'язку з вищезазначеним, зростає потреба в розвиненні сучасних інструментів та технологій, які допоможуть зберегти та оптимізувати обробку великого обсягу даних про якість повітря. Використання хмарних технологій, зокрема Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics, відкриває нові перспективи для ефективного збереження, обробки та аналізу цих важливих даних. Дослідження зосереджене на розгляді процесу інтеграції Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics для аналізу якості повітря та використання хмарних технологій у моніторингу даних. Акцент зроблено на важливості такої інтеграції для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки, зокрема збереженні та надійному зберіганні даних про якість повітря. Такий підхід дозволить ефективно реагувати на зміни екологічної ситуації та впроваджувати необхідні заходи для покращення якості повітря [5,6].

2. Методи та засоби реалізації

Аналіз якості повітря є невід'ємною складовою процесу моніторингу довкілля і стає важливим інструментом у вирішенні екологічних проблем, зокрема забруднення повітря. Зростаючий рівень індустріалізації та інтенсивне використання транспорту призводять до збільшення викидів шкідливих речовин у повітря, що негативно впливає на здоров'я людей та екосистеми. Одним із ключових викликів у моніторингу якості повітря є забезпечення надійного та точного збору даних. Для досягнення цієї мети застосовуються сучасні датчики, метеорологічні станції та інші засоби збору інформації. Проте, даний процес може стикатися з труднощами, такими як вартість обладнання, необхідність постійного обслуговування та узгодженість даних з різних джерел. Ще

одним важливим аспектом є великий обсяг даних, який генерується під час моніторингу якості повітря. Це вимагає потужних засобів збереження та обробки інформації, а також аналітичних інструментів для виявлення тенденцій та розроблення стратегій управління довкіллям.

Застосування хмарних технологій, зокрема Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics, вирішує багато з цих викликів. Azure Data Lake Storage надає масштабоване та безпечне збереження даних, що дозволяє ефективно управляти великими обсягами інформації про якість повітря. Завдяки цьому, дані з різних джерел, таких як датчики, метеорологічні станції та сайти моніторингу, легко інтегруються та зберігаються в централізованому сховищі.

Спільне використання даних збільшує точність аналізу та дозволяє виявити залежності між різними факторами забруднення. Використання Synapse Analytics надає можливість проводити комплексний аналіз даних, розраховувати прогнози та впроваджувати стратегії для зниження впливу забруднення повітря. Застосування хмарних технологій у моніторингу якості повітря сприяє ефективному контролю за станом навколишнього середовища та розробленню екологічно-орієнтованих рішень. Інтеграція Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics дозволяє впроваджувати рішення засновані на фактичних даних та наукових дослідженнях. Це сприяє створенню більш чистого та здорового середовища для майбутніх поколінь та розвитку сталого суспільства.

Використання Azure Data Lake Storage (ADLS) є дієвим та інноваційним рішенням для збереження даних про якість повітря у моніторингових системах. ADLS - це хмарне сховище даних, розроблене Microsoft, яке надає масштабовані та безпечні можливості зберігання великих обсягів структурованих та неструктурованих даних.

Один із основних викликів моніторингу якості повітря полягає в обробці та збереженні великої кількості даних, що генеруються різними джерелами, такими як датчики, метеорологічні станції, супутники та інші джерела. Традиційні методи зберігання та обробки таких великих обсягів даних можуть бути обмеженими в масштабованості та вартості. Однак, завдяки хмарним технологіям, таким як ADLS, ці обмеження значно зменшуються.

ADLS пропонує гнучку архітектуру та можливості глибокої інтеграції з іншими хмарними інструментами та послугами. Він підтримує різні типи даних, включаючи тексти, зображення, відео, аудіо, логування та багато іншого, що дозволяє зберігати велику різноманітність інформації про якість повітря [2].

До переваг ADLS відносяться:

- Масштабованість: ADLS може обробляти великі обсяги даних, що дозволяє легко зберігати і використовувати інформацію з різних джерел моніторингу повітря.
- Захищеність даних: ADLS забезпечує високий рівень безпеки та контролю доступу до даних, що забезпечує надійну захист інформації про якість повітря від несанкціонованого доступу.
- Інтеграція з іншими хмарними послугами: ADLS може легко інтегруватися з іншими хмарними послугами, такими як Synapse Analytics, Azure Machine Learning, Power BI та іншими, що дозволяє здійснювати більш комплексний аналіз даних та використовувати їх у різних сценаріях.

- **Безперервна доступність:** ADLS забезпечує високий рівень доступності та надійності, що дозволяє користувачам отримувати доступ до даних про якість повітря у будь-який час та з будь-якого місця.
- **Ефективний аналіз:** Завдяки гнучкості та потужним інструментам аналізу даних, які надає ADLS, збережені дані можуть використовуватися для виявлення тенденцій забруднення, розрахунків показників якості повітря та розроблення прогнозів.

Застосування Azure Data Lake Storage у моніторингу якості повітря допомагає забезпечити ефективне управління даними та ресурсами, що стає ключовим чинником у подальшому розвитку екологічної науки та захисту навколишнього середовища. Використання хмарних технологій дозволяє забезпечити швидкий та точний доступ до даних про якість повітря для прийняття обґрунтованих рішень у сфері охорони навколишнього середовища, зменшення забруднення повітря та поліпшення якості повітря для покращення здоров'я населення.

Використання Synapse Analytics є важливим кроком у проведенні аналізу даних про якість повітря, що дозволяє отримати цінні інсайти та приймати обґрунтовані рішення для покращення екологічного стану довкілля. Synapse Analytics - це хмарна аналітична платформа, розроблена Microsoft, яка об'єднує різноманітні інструменти для обробки, аналізу та візуалізації даних, забезпечуючи аналітичні можливості в реальному часі.

Одним із викликів у моніторингу якості повітря є обробка та аналіз великої кількості даних, яка надходить з різних джерел, таких як датчики, метеорологічні станції та інші джерела збору інформації. Завдяки Synapse Analytics, дані зберігаються в Azure Data Lake Storage, що надає гнучкість та масштабованість для зберігання великих обсягів даних [5].

Synapse Analytics також підтримує різні мови програмування, такі як SQL, Python та R, що дозволяє проводити складний аналіз даних та створювати моделі прогнозування. Наявність інтегрованих інструментів машинного навчання дозволяє розробляти моделі класифікації, кластеризації та прогнозування на основі зібраних даних про якість повітря.

Окрім цього, Synapse Analytics підтримує потужні інструменти візуалізації даних, такі як Power BI, що дозволяє створювати інформативні та зрозумілі графіки та діаграми для представлення результатів аналізу. Це сприяє кращому розумінню даних про якість повітря та виявленню тенденцій забруднення.

Інтеграція з іншими хмарними послугами, такими як Azure Machine Learning, дозволяє створювати комплексні аналітичні рішення для прогнозування забруднення повітря та розроблення стратегій для його зниження. Це дає можливість організаціям та екологічним організаціям ефективно використовувати накопичені дані та проводити розрахунки для оптимізації управління довкіллям. Використання Synapse Analytics допомагає зробити аналіз даних про якість повітря більш ефективним та обґрунтованим, забезпечуючи необхідні інсайти для прийняття важливих рішень у сфері охорони навколишнього середовища [3].

3. Результати та їх аналіз

Процес збору даних про якість повітря є ключовим етапом у моніторингу довкілля та забезпеченні науково обґрунтованих рішень для покращення якості повітря [1]. Цей процес включає кілька етапів, від збору даних з різних джерел до їх інтеграції та збереження для подальшого аналізу. У першу чергу, визначаються мета збору даних та області, де будуть здійснюватися вимірювання якості повітря. Датчики повітря якості можуть вимірювати різні параметри, такі як концентрація сульфатних оксидів, азотних оксидів, частинок (PM2.5, PM10), озону (O3), вуглеводнів (HC), вуглекислого газу (CO2) температури, тиску повітря та вологості.

Давач температури, вологості та тиску винесений назовні станції і термоізолюваний від розігріву пиломіра. Це в свою чергу нівелює похибку показників температури та вологості на станції, коли розігрівається пиломір. Показник PM 2.5 відображає концентрацію твердих частинок діаметром до 2.5 мікрметра. Показник PM 10 відображає концентрацію твердих частинок діаметром до 10 мікрметрів [4].

Технічні характеристики:

- Діапазон виміру PM10 & PM2.5: 0-999 мкг/м3
- Точність виміру PM10 & PM2.5: $\pm 1\%$
- Діапазон виміру температури: -40...+85 °C
- Точність виміру температури: 0.5 C (при 25 C)
- Діапазон виміру відносної вологості: 0-100%
- Точність виміру відносної вологості: 2%
- Діапазон виміру атм. тиску: 300-1100 гПа
- Точність виміру атм. тиску: 0.03 гПа

Дані про якість повітря збираються з датчиків, що розташовані у кожному великому місті України. Датчики збирають дані про якість повітря на періодичній основі, а саме із інтервалом одну годину щоденно. Дані зберігаються на локальних сховищах та відправляються в хмарні сховища де стають доступними засобами API(Application Programming Interface). Детально схема реалізована на рис. 1.

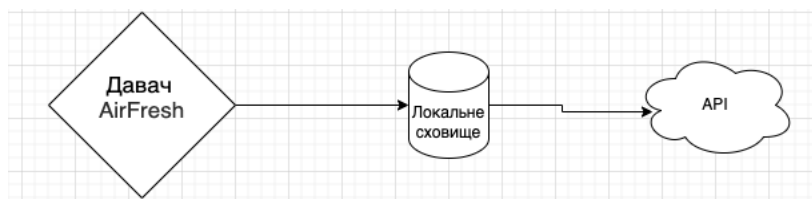


Рис. 1. Схема роботи одного давача в екосистемі

Наступним кроком роботи із API даними є трансформація та інтеграція даних: Оскільки зібрані дані можуть бути попередньо оброблені та інтегровані програмою реалізованою засобами .NET для забезпечення зручного доступу та аналізу. Для забезпечення точності та надійності даних проводиться перевірка і стандартизація даних. Також використовуватися стандартні процедури для контролю за якістю даних та виявлення можливих помилок. Процедури було реалізовано .NET технологією в середовищі Rider IDE (див. рис. 2).

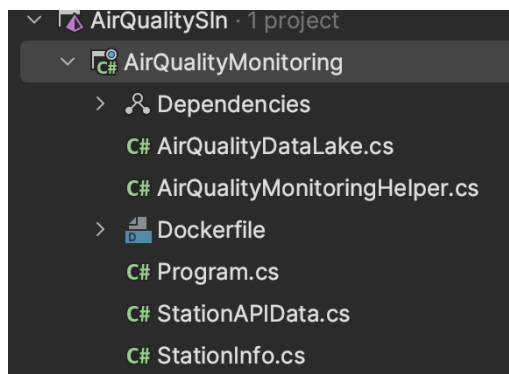


Рис. 2. Структура проекту для інтеграції даних в Azure Data Lake Storage

Air Quality .NET проект складається із декількох частин, що отримують дані із хмари та зберігають у StationAPIData ооб'єкт. Форматом для збереження вибрано json та csv, що дасть змогу мати гнучкість для аналізу в майбутньому. В процесі збереження відбувається автоматичне очищення дублікатів та від невідформатованих ооб'єктів, оскільки в процесі отримання даних із давача трапляються збої в роботі.

Відфільтровані та оброблені зберігаються в Azure Data Lake Storage, забезпечуючи масштабованість та безпеку для великих обсягів інформації. Збір даних про якість повітря є невід'ємною частиною моніторингу довкілля, а використання хмарних технологій, таких як Azure Data Lake та Synapse Analytics, допомагає зробити цей процес більш ефективним, надійним та зручним для аналізу та управління даними. Azure Data Lake включає в собі два контейнери для зручної навігації між csv та json файлами, структура зображена на рис. 3.

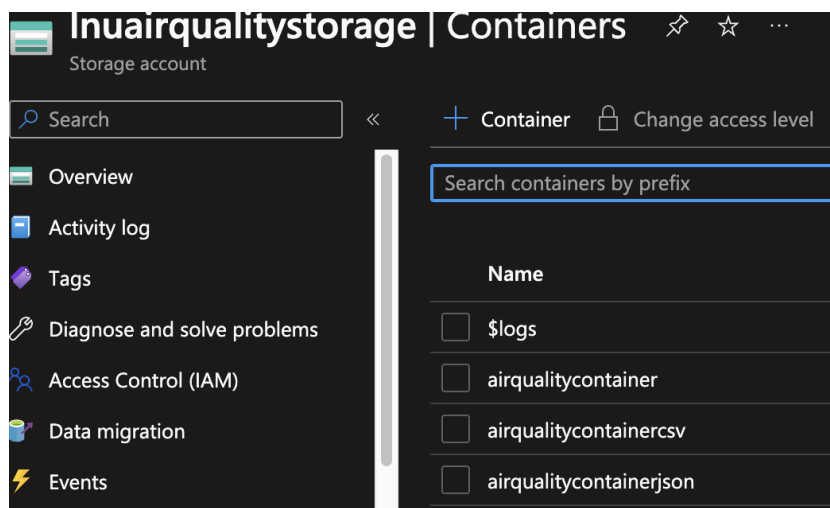


Рис. 3. Структура контейнерів Azure Data Lake Storage

Основним механізмом для постійних оновлень даних є Azure Function Pipeline, що дозволяє автоматизувати збір та збереження даних про якість повітря, що спрощує процес моніторингу та аналізу. Це робить моніторинг більш ефективним, даючи змогу оперативно реагувати на зміни стану повітря та розробляти стратегії для покращення якості довкілля. Azure Function Pipeline - це механізм для автоматичного збирання та збереження даних щогодини у хмарних сховищах, таких як Azure Data Lake Storage, з метою подальшого аналізу та моніторингу якості повітря [7,8]. Azure Function дозволяє створювати та запускати мікросервіси, які реагують на певні події або таймери та виконують певні операції. Початковим кроком є створення Azure Function, використовуючи Azure Portal. Установка розкладки виклику функції щогодини або на інші необхідні інтервали. Це дозволить Azure Function запускатися автоматично через заданий проміжок часу. У функції запрограмований код для збору даних про якість повітря з різних джерел. Ці дані можуть бути зібрані відразу у форматі, придатному для збереження, або попередньо оброблені перед збереженням. Після збору та обробки даних, функція зберігає інформацію в Azure Data Lake Storage. Щогодинний пайплайн із збором, аналізом та записом даних зображено на рис. 4.



Рис. 4. Azure Function для збору даних

Надійність та правильність роботи функції забезпечується шляхом використання моніторингових інструментів Azure. Для аналізу даних використовується Synapse Analytics, який дозволяє виявляти залежності, робити статистичний аналіз та проводити інші обчислення.

Схема роботи Synapse Analytics:

- Збір даних: Дані збираються з Data Lake та інших джерел, які можуть бути попередньо оброблені та збережені в Data Warehouse.
- Інтеграція даних: Дані інтегруються з різних джерел та зберігаються в Data Warehouse, який дозволяє здійснювати аналітичні запити до великих обсягів даних.
- Обробка даних: Дані можуть бути попередньо оброблені та очищені в Data Warehouse перед аналізом.

- Аналітика: Застосування різних інструментів аналізу даних дозволяє здійснювати різноманітний аналіз, створювати звіти та виявляти залежності.
- Інтеграція з Azure Machine Learning: Інтеграція з Azure Machine Learning дозволяє використовувати моделі машинного навчання для прогнозування та роботи з даними.
- Візуалізація: Результати аналізу можуть бути візуалізовані та представлені за допомогою Power BI для зручного сприйняття інформації.

Для передачі даних використані CSV або JSON формати, що мають широкую підтримку в середовищах Synapse Analytics та Data Lake. Використовуючи служби Azure Data Factory або Synapse Data Factory, налаштовано потік передачі даних між Data Lake Storage та Synapse Analytics. Реалізовано потоки копіювання в контейнери, що включають зв'язки з обома сховищами даних, джерелами та віддаленими сховищами даних. За допомогою серіалізації даних та налаштувань перетворення переміщених даних надано їм структуру перед завантаженням у Synapse. Завантажувач дані є таблицею в Apache Spark Pool, оскільки дані не є структурованими. Завантаживши дані у Synapse Analytics, відбувається роботи над аналізом, фільтрацією, розробкою моделей та іншими операціями обробки та візуалізації даних (див. рис. 5). Збережено даних із 334 станцій, що розташовані на території України.

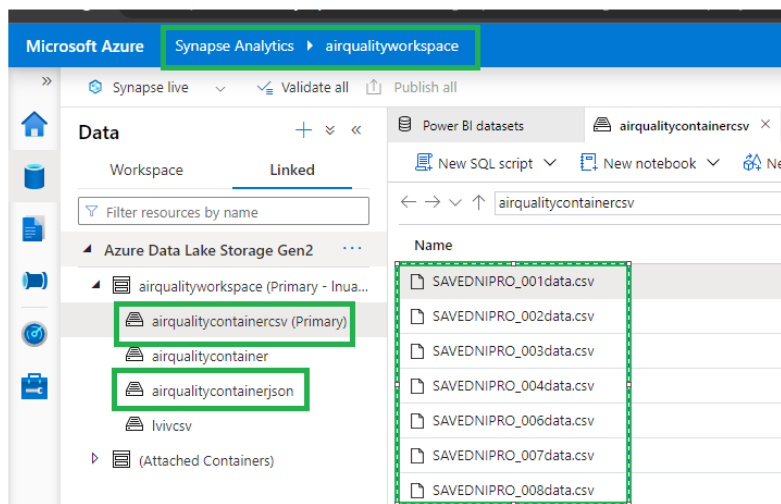


Рис. 5. Збережені дані для аналізу та візуалізації у Synapse Analytics

Після обробки та аналізу дані візуалізовано за допомогою інструментів візуалізації даних Power BI, для зручного представлення результатів. Для візуалізації було вибрано дані із першої станції у форматі csv за останній тиждень (див. рис. 6).

Використовуючи ресурс Power BI для візуалізації даних, що перетворити дані у зрозумілі графіки, діаграми та інтерактивні дашборди. Інтеграція з Synapse Analytics забезпечила плавний потік роботи під час аналізу і візуалізації даних. Використовуючи Power BI зі Synapse Analytics, створено динамічні, контрастні візуалізації для

висвітлення інформації та прозорості даних, що допомагає організації приймати розумні, оптимальні та продуктивні рішення на основі даних. Прикладом такої візуалізації є рис. 7, де можна спостерігати, як декілька параметрів впливають на індекс якості повітря.

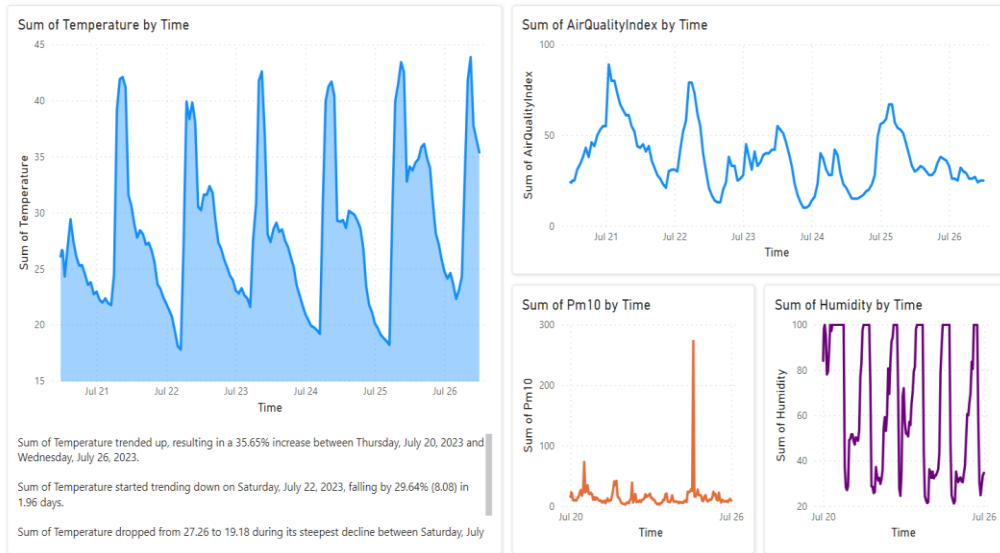


Рис. 6. Візуалізація даних у Power BI

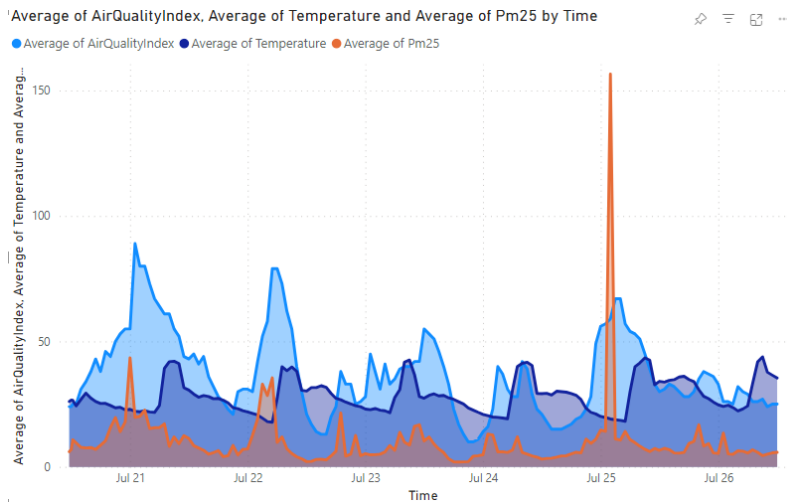


Рис. 7. Залежність індексу якості повітря від інших факторів

Застосування машинного навчання дозволить розробляти моделі прогнозування забруднення повітря на основі історичних даних. Також важливим кроком є реалізація

детектора аномалій, що збільшить точність прогнозованого результату. Як видно із рис. 7, такі аномалії трапились для показника PM10, що вплинуло на точність визначення AQI.

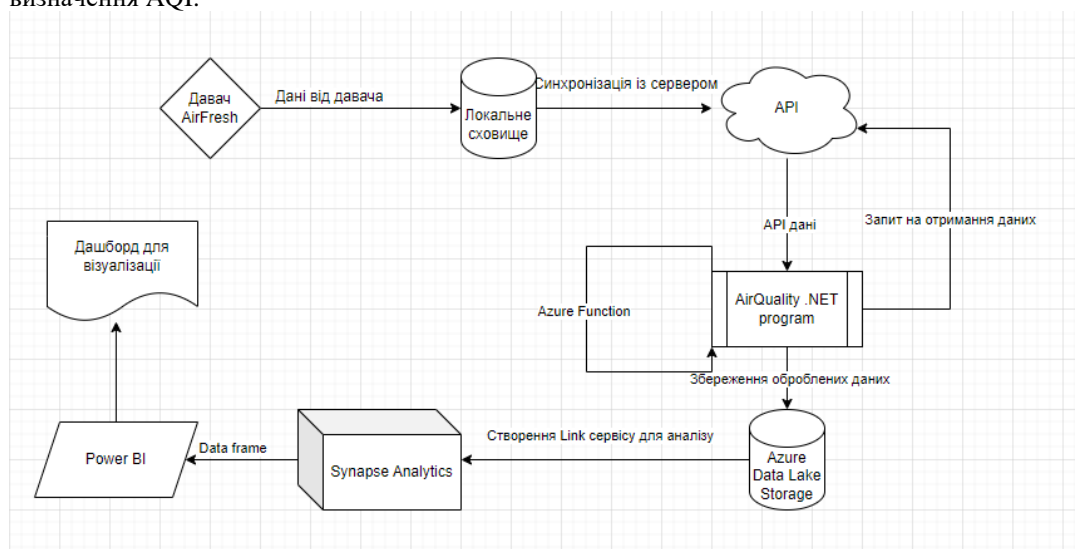


Рис. 8. Діаграма аналітичної системи для візуалізації даних

Аналітична система візуалізації даних, що зображена на рис. 8, є важливим інструментом, який допомагає перетворити великі набори даних на зрозумілі та змістовні графіки, діаграми та інтерактивні дашборди. Це дає можливість отримати цінні та аналітично інформаційні дані, які можна легко розуміти та використовувати для цільових дій або розумного прийняття рішень.

Інтеграція технічних рішень, таких як Synapse Analytics і Power BI, створює високопродуктивну, гнучку та безшовну аналітичну систему, яка сприяє ефективному аналізу, підготовці, обробці та візуалізації даних. Подібні системи можуть масштабуватися, інтегруватися з різними джерелами даних та сервісами, а також врахувати різні вимоги від сфер діяльності та управління.

Візуалізація аналітичної інформації дозволяє краще розуміти залежності, проблеми та тренди в даних, що сприяє вивченню причинно-наслідкових зв'язків та виявленню бізнес-рішень. Застосування на базі машинного навчання та інтерактивних інструментів можуть доповнювати систему, забезпечуючи автоматизацію, прогнозування та оптимізацію процесів.

4. Висновки

Використання хмарних технологій, зокрема Azure Data Lake Storage та Synapse Analytics, у моніторингу даних про якість повітря має велике значення для ефективного збору, збереження та аналізу інформації про стан атмосферного повітря. Ці технології надають широкий спектр можливостей та переваг, які сприяють забезпеченню ефективного управління довкіллям та збереженню екологічної безпеки.

Переваги збереження даних у хмарних сховищах, зокрема Azure Data Lake Storage, включають масштабованість, безпеку, гнучкість та інтеграцію з іншими хмарними

ISSN 2224-087X. Електроніка та інформаційні технології. 2023. Випуск 24

інструментами. Це дозволяє ефективно збирати та зберігати великі обсяги інформації про якість повітря з різних джерел моніторингу, що сприяє отриманню комплексних даних для аналізу та прийняття рішень. Застосування Synapse Analytics для аналізу зібраних даних надає можливість виявляти залежності, прогнозувати тенденції та визначати ключові показники якості повітря. Інтеграція з іншими хмарними послугами, такими як Azure Machine Learning, дозволяє створювати передові моделі прогнозування забруднення повітря та розробляти стратегії для його зниження.

Прогнозування на основі збережених даних про якість повітря відкриває нові перспективи для управління довкіллям та екологічної безпеки. Дані, зібрані та збережені в хмарних сховищах, є основою для розроблення стратегій і програм для покращення якості повітря, що сприяє здоров'ю населення та збереженню екосистем.

Хмарні технології грають ключову роль у розв'язанні екологічних проблем і є невід'ємною частиною сучасного моніторингу якості повітря. Збережені дані про якість повітря в хмарних сховищах дозволяють отримати цінні аномалії даних, прогнозувати тенденції та виробляти ефективні стратегії для зниження забруднення атмосфери та покращення екологічної ситуації.

Важливим кроком є визначення аномалій, що дасть можливість точніше створювати моделі прогнозування.

Аналітична система візуалізації даних є рішенням для організацій, що прагнуть отримати оптимальні результати на основі вчасного й ефективного доступу до актуальної, точної і змістовної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Електронний ресурс: URL: <https://www.ventusky.com/>
- [2] Електронний ресурс: URL: "Azure Data Lake Storage Overview" - Офіційний сайт Microsoft Azure (<https://azure.microsoft.com/en-us/services/storage/data-lake-storage/>)
- [3] Електронний ресурс: URL: "Synapse Analytics Overview" - Офіційний сайт Microsoft Azure (<https://azure.microsoft.com/en-us/services/synapse-analytics/>)
- [4] Електронний ресурс: URL: <https://beegreen.com.ua/airfresh-pristryy-mon%D1%96toringu-jakosti-pov%D1%96trja-vulic%D1%96-16519>
- [5] Ночвай В. Використання ГІС у задачах управління якістю повітря / Ночвай В., Криваковська Р., Іщук О. // Електроніка та інформаційні технології. 2012. Випуск 2. С. 154–163.
- [6] Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології: підручник – К.: 2012. – 426
- [7] Wang, S., Ma, Y., Wang, Z., Wang, L., Chi, X., Ding, A., Yao, M., Li, Y., Li, Q., Wu, M., Zhang, L., Xiao, Y., and Zhang, Y.: Mobile monitoring of urban air quality at high spatial resolution by low-cost sensors: impacts of COVID-19 pandemic lockdown, Atmos. Chem. Phys., 21, 7199–7215, <https://doi.org/10.5194/acp-21-7199-2021>, 2021 Веб-додаток Ventusky.
- [8] Запорожець А. О. Аналіз засобів моніторингу забруднення повітря навколишнього середовища. Science-Based Technologies. № 35 (3). 2017. С. 242–252.
- [9] Електронний ресурс: URL: <https://www.saveecobot.com/>

UTILIZING CLOUD TECHNOLOGIES FOR AIR QUALITY ANALYSIS AND MONITORING

L. Monastyrskyi, V. Hura

*Ivan Franko National University of Lviv,
50 Drahomanov St., UA-79005 Lviv, Ukraine
volodymyr.gura@lnu.edu.ua*

This paper is dedicated to the study of the integration of Azure Data Lake Storage and Synapse Analytics for air quality analysis and the use of cloud technologies in air quality data monitoring in Ukraine. The relevance of the topic is driven by the escalating environmental issues, particularly atmospheric pollution, which poses a significant threat to public health and ecological stability. Air pollution is a pressing global issue affecting not only Ukraine but the entire world. Protecting the environment and ensuring citizen safety have become paramount priorities in the modern world. With the rapid growth of industries, transportation, and other sources of pollution, harmful emissions have increased, exerting tremendous pressure on the environment. As a result, monitoring and analyzing air quality have become crucial for controlling a country's ecological state. In the face of extensive air quality data, the significance of employing cloud technologies has become particularly prominent. An information-analytical system was developed to collect and store such vast amounts of information in Ukraine. It facilitates data storage, processing, and analysis using Azure Data Lake Storage and Synapse Analytics. This paper provides a detailed examination of the process of integrating cloud technologies such as Azure Data Lake Storage and Synapse Analytics to enable effective monitoring and analysis of air quality data. The utilization of Synapse Analytics allows for comprehensive data analysis and identification of correlations between various pollution factors, which is critical for making strategic decisions. The conclusions of this study underscore the importance of using cloud technologies in air quality data monitoring to promote sustainable development and environmental safety. Employing the information-analytical system and cloud technologies efficiently utilizes accumulated data to make informed decisions on reducing air pollution and safeguarding public health.

Keywords: cloud technologies, air quality monitoring, Azure Data Lake Storage, Synapse Analytics, air pollution, environmental safety, SaveEcoBot, information-analytical system, data management.

*Стаття надійшла до редакції 12.10.2023
Прийнята до друку 15.10.2023*